

EVALUATIE VAN ENERGIEPRESTATIE VAN PASSIEVE SCHOOLGEBOUWEN – IMPACT VAN GEBOUWEIGENSCHAPPEN EN RANDVOORWAARDEN

Barbara Wauman^{1,2}, Hilde Breesch¹, Dirk Saelens²

¹KAHO St-Lieven, onderzoeksgroep Duurzaam Bouwen, Gent, België

²Afdeling Bouwfysica, KU Leuven, Leuven, België

Het Vlaamse ‘decreet betreffende energieprestatie in scholen’ dd.07/12/2007 legt volgende criteria op voor passieve schoolgebouwen:

- $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ energiebehoefte verwarming
- $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ energiebehoefte koeling
- luchtdichtheidsgraad 50 Pa (n_{50}) $\leq 0.6 \text{ h}^{-1}$
- maximaal energieprestatiepeil E55

Om na te gaan of schoolgebouwen voldoen aan de criteria voor passiefscholen wordt gebruik gemaakt van twee quasi-statische maandgemiddelde rekenmethodes gebaseerd op EN ISO 13790:

- rekenmethode uit bijlage 2 van het energieprestatiebesluit geïmplementeerd in de VEA energieprestatiesoftware (EPB)
- PHPP 2007 (deelaanpak schoolgebouwen)

In voorgaand onderzoek (Wauman et al., 2010) werden specifieke randvoorwaarden voor scholen ontwikkeld en geïmplementeerd in bovenstaande rekentools. De gebruikskarakteristieken en randvoorwaarden werden vastgelegd op basis van een analyse van nationale en internationale regelgeving en normen met betrekking tot energieprestatie, binnenluchtkwaliteit en comfort in (school)gebouwen. Één van deze parameters is de maandgemiddelde binnentemperatuur. Deze temperatuur wordt vastgelegd voor het schoolgebouw onafhankelijk van gebouw eigenschappen, gebouwgebruik en weerdata. Deze paper evalueert de nauwkeurigheid van deze aanname aan de hand van dynamische simulaties van een referentie kleuterschoolgebouw. In de eerste plaats wordt het belang van een nauwkeurigere bepaling van de gemiddelde binnentemperatuur in functie van indeling in lokalen aangetoond. Daarnaast wordt de impact van de thermische capaciteit en isolatie-niveau op de binnentemperatuur en energievraag voor verwarming geïllustreerd.

METHODE

De resultaten van de quasi-statische, maandgemiddelde methodes worden vergeleken met de resultaten van dynamische simulaties. Om verschillen op basis van afwijkingen tussen beide

methodes (bv. statische berekening houdt geen rekening met absorptie van zonwinsten door opake constructiedelen, lange golf straling naar de hemelkoepel wordt verwaarloosd,...) te beperken, gebeuren zowel de quasi-statische als dynamische berekeningen met het gebouw simulatieprogramma TRNSYS versie 16_1 (Klein et al., 2004). De simulaties worden uitgevoerd met een tijdstap van één uur voor een gemiddeld klimaat in Ukkel, België (Meteonorm). Fig 1 toont de schematische voorstelling van de kleuterschool. Het gebouw bestaat uit 4 verdiepingen en omvat klaslokalen, circulaties zones, sanitaire en technische ruimtes. Voor de benadering van de quasi-statische berekening wordt het gebouw beschouwd als een één-zone model ($V=12383.3 \text{ m}^3$) en worden de gebruiksprofielen voor ventilatie, verwarming en interne warmtewinsten zoals beschreven in (Wauman et al., 2010) uitgemiddeld in de tijd en ruimte (zie Tabel 1).

Tabel 1 Maandgemiddeld ventilatiedebiet, G_a (vol/h) en interne warmtewinsten, IWW (kJ/h) voor het volledige gebouw voor de quasi-statische berekening

	G_a vol/h	IWW _{tot_rad} [kJ/h]	IWW _{tot_conv} [kJ/h]
Januari	0.224	12470	15921
Februari	0.238	13039	16647
Maart	0.251	13856	17689
April	0.116	6443	8226
Mei	0.246	13856	17689
Juni	0.259	14318	18279
Juli	0	0	0
Augustus	0	0	0
September	0.259	14318	18279
Oktober	0.251	13856	17689
November	0.259	14318	18279
December	0.188	10392	13267

Het intermitterend gebruik en het verschil in insteltemperaturen voor verwarming tussen de verschillende lokalen wordt ingerekend aan de hand van een nacht- en weekendverlaging $\Delta\theta_i = 0.6 \text{ }^\circ\text{C}$ (Kah, 2006). De gebouw gemiddelde temperatuur wordt als volgt bepaald (Wauman et al., 2010):.

$$\theta_{i,verw,quasi-stat} = \max\left(\frac{\sum \theta_{i,m} A_i}{\sum A_{tot}}; \frac{\sum \theta_{i,m} V_i}{\sum V_{tot}}\right) = 19.4^{\circ}C \quad (1)$$

waar $\theta_{i,verw,quasi-stat}$ = gebouwgemiddelde binnentemperatuur ; $\theta_{i,m}$ = gemiddelde binnentemperatuur voor lokaal i; A_i = gebruiksoppervlakte lokaal i; V_i = volume lokaal i.

Voor de dynamische simulaties daarentegen wordt multi-zone model gebruikt (klaszone NW = 2137.4 m³, klaszone ZO = 5621.7 m³, circulatie zone = 2671.4 m³ en sanitair/technisch ruimte = 1952.8 m³) gebruikt (Fig 1). Realistische verwarmingsschema's en gebruiksprofielen, variërend in tijd en ruimte, zoals beschreven in (Wauman et al., 2010) worden geïmplementeerd. Voor de klaslokalen bedraagt de insteltemperatuur voor verwarming 20°C. In geval van afwezigheid 's nachts, in de weekends of tijdens de vakantie wordt deze met 5°C verlaagd. Voor de circulatieruimtes, sanitair en stockage bedraagt de constante insteltemperatuur 15°C, representatief voor Vlaamse scholen.

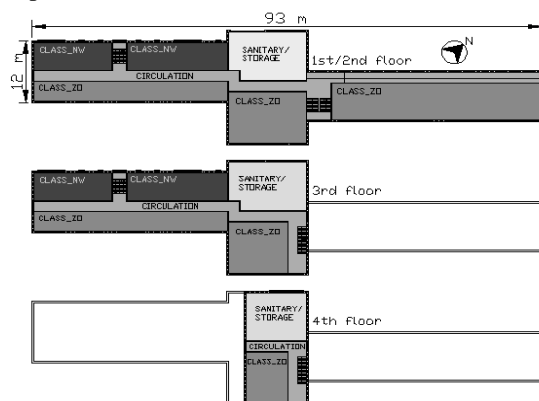


Fig 1 Schematische voorstelling schoolgebouw

Variatie gebouwweigenschappen

Door de materiaalopbouw van de binnen- en buitenwanden en het dak aan te passen laten we de thermische capaciteit variëren van heel licht = 30 Wh/(K.m²) tot heel zwaar = 120 Wh/(K.m²).

De isolatiediktes van de gebouwdelen variëren van het minimum vereiste isolatieniveau $U_{gem} = 0.44$ W/(m².K) (EBPD, 2006) tot de gemiddelde isolatiewaarde $U_{gem} = 0.19$ W/(m².K). Deze laatste is representatief voor diverse gerealiseerde passieve schoolprojecten in binnen- en buitenland. De zonnewinsten worden gevarieerd door de g-waarden van de beglazing te variëren (0.39-0.57) en verschillende sturingsstrategieën voor de zonwering te implementeren. In totaal worden 144 variaties van de kleuterschool doorgerekend.

RESULTATEN

Impact thermische massa

In Fig 2 is te zien dat de impact van de thermische massa op de gemiddelde energievraag voor verwarming, Q_{verw} , beperkt is tot maximaal 0.53

kWh/(m²a) of 3.3% (quasi-statisch) en 0.61 kWh/(m²a) of 5.5% (dynamisch). De box-plots tonen dat met de dynamische berekeningen de voorspelde impact van de thermische massa maximaal 8.4%. Een gelijkaardige trend is merkbaar in Fig 4 waar de impact van de thermische capaciteit de gemiddelde binnentemperatuur in het gebouw wordt weergegeven in functie van de daggemiddelde buitentemperatuur. Voor het stookseizoen (oktober -> april) bedraagt het verschil maximaal 0.9°C of 5.5% voor variërende thermische capaciteit.

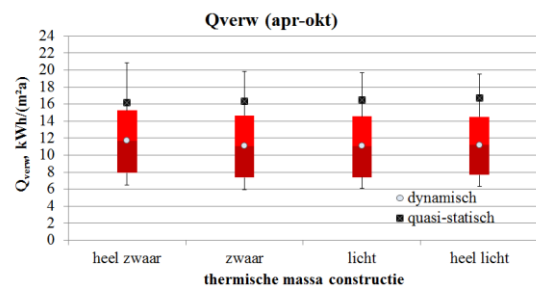


Fig 2 Impact variërende thermische massa op de netto energiebehoefte voor verwarming Q_{verw} , kWh/(m²a) voor de dynamische (box-plot, bol wit) en quasi-statische berekening (vierkant, zwart)

Impact isolatieniveau

Fig 3 geeft de invloed van de isolatiekwaliteit van het gebouw op de netto energiebehoefte voor verwarming weer en vergelijkt quasi-statische en dynamische rekenmethode.

Logischerwijs neemt de netto energiebehoefte toe naarmate het gemiddeld isolatiepeil van de woning afneemt (grotere U_{gem}) voor beide berekeningsmethodes. De mate van stijging is echter verschillend voor beide berekeningsmethodes. Naarmate het isolatieniveau van het gebouw toeneemt neemt ook het verschil tussen warmtevraag van beide berekeningen toe van 1 kWh/(m²a) voor $U=0.19$ W/(m².K) tot 10 kWh/(m²a) voor $U=0.44$ W/(m².K) (Tabel 2).

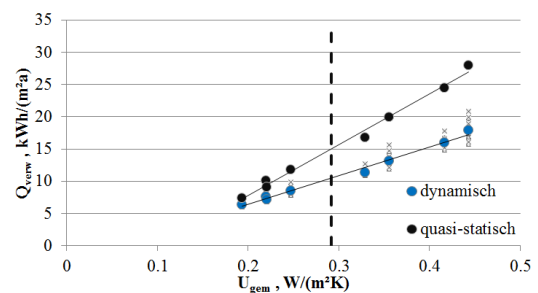


Fig 3 Impact van variërend gemiddeld isolatieniveau U_{gem} , W/(m².K) op de netto energiebehoefte voor verwarming Q_{verw} kWh/(m²a)

Gelijkaardige resultaten zijn aangetoond in Deurinck et al., (2011) waaruit blijkt dat een correlatie tussen het isolatieniveau van het gebouw en de gemiddelde binnentemperatuur voor

verwarming aangewezen is, vooral voor minder goed geïsoleerde gebouwen.

Tabel 2 impact van isolatieniveau op verwarmingsvraag Q_{verw}

U_{GEM} [W/(m ² .K)]	$Q_{\text{VERW,DYN}}$ [kWh/(m ² .a)]	$Q_{\text{VERW,Q-S}}$ [kWh/(m ² .a)]	$\Delta_{\text{dyn-quasi-stat}}$ [kWh/(m ² .a)]
0.19	6.4	7.4	1
0.44	17.94	28	10

Vergelijking quasi-statisch en dynamisch

Fig 2 en 3 tonen aan dat de energievraag voor de quasi-statische berekening significant hoger wordt ingeschat. Dit verschil is vooral te wijten aan de hoge vastgelegde gemiddelde binnentemperatuur $\theta_{i,\text{verw,quasi-stat}} = 19.4^{\circ}\text{C}$ (streeplijn, Fig 4).

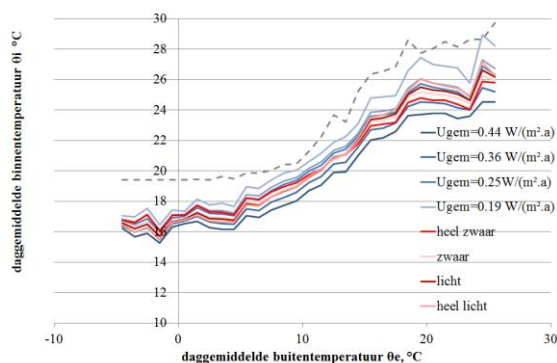


Fig 4 daggemiddelde binnentemperatuur van het volledige gebouw in functie van de daggemiddelde buitentemperatuur voor verschillende thermische capaciteit (rood) en verschillend U-waarden (blauw) voor de dynamische (volle lijnen) en quasi-statische berekening (streeplijn)

Uit de resultaten van de dynamische simulaties blijkt voor deze kleuterschool dat de verwachte gemiddelde temperatuur gemiddeld 1.7°C ($U_{\text{gem}} = 0.19 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$) tot 3.1°C ($U_{\text{gem}} = 0.44 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$) lager ligt (zie Fig 4). Dit is vooral te wijten aan de hoge, niet realistische veronderstelde temperaturen in de beperkt verwarmde ruimtes. Gemiddeld bedraagt de binnentemperatuur in circulatieruimte, sanitair en stockage ruimtes 15.82°C ($U_{\text{gem}} = 0.44 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$) tot 17.83°C ($U_{\text{gem}} = 0.19 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$) in plaats van 19.4°C zoals vooropgesteld in (Wauman et al., 2010). Gezien de grote oppervlakte (tot 30% van de totale gebruiksoppervlakte) leidt de hoge vastgelegde temperatuur voor deze ruimtes tot een hogere quasi-statische berekende energievraag voor verwarming.

CONCLUSIE

Uit de resultaten van de simulaties blijkt dat de gemiddelde binnentemperaturen in de beperkt verwarmde ruimtes te hoog worden ingeschat. Rekening houdend met de grote oppervlakte van deze ruimtes is het aangewezen de gemiddelde

binnentemperatuur voor deze lokalen realistisch te kiezen. Daarnaast blijkt de impact van de thermische capaciteit op de netto energiebehoefte voor verwarming gering. De impact van de isolatiekwaliteit is voor passiefscholen eveneens beperkt maar neemt toe naarmate de isolatiegraad van het gebouw afneemt. Dit onderzoek bevestigt dat een gemiddelde binnentemperatuur, onafhankelijk van de gebouweigenschappen, voor de berekening van de netto verwarmingsvraag in het geval van zeer goed geïsoleerde, passieve gebouwen een goede veronderstelling is.

REFERENCES

- AGION, 2010, Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de passiefhuisstandaard (internal report University College Ghent, in Dutch)
- Deurinck, M., Saelens, D., Roels, S., 2011, The impact of physical rebound effects on the heat losses in a retrofitted dwelling, 9th Nordic Symposium on Building Physics, Tampere, Finland, p.1-8
- EPBD. 2006. — Decreet houdende eisen en handavingsmaatregelen op het vlak van de energie-prestaties en het binnenklimaat van gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat en tot wijziging van artikel 22 van het REG-decreet
- EN ISO 13790.2007. Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling
- Kah, O., Schulen im Passivhaus-Standard: Randbedingungen und Anforderungen, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, p 134-145
- Klein et al. 2004. TRNSYS 16: a transient system simulation program, user manual. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA
- PHPP, 2007, PassiefHuisProjecteringsPakket version 2007, available through www.passiefhuisplatform.be
- Wauman, B., Klein, K., Breesch, H., Van Loon, S., Baetens, R., Saelens, D., 2010. Determination of boundary conditions for passive schools : impact on net energy demand for heating and cooling, Central European symposium on building physics edition:1,Cracow, Poland, p. 455-462